

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

#3

JC978 U.S. PTO
09/996580
11/30/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日
Date of Application:

2001年 5月28日

出 願 番 号
Application Number:

特願2001-158903

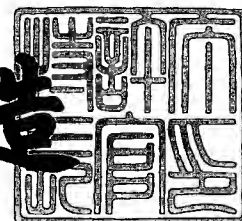
出 願 人
Applicant(s):

三菱電機株式会社

2001年 6月 7日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3053468

【書類名】 特許願

【整理番号】 532219JP01

【提出日】 平成13年 5月28日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G01N 27/00

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社
社内

【氏名】 川野 裕司

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社
社内

【氏名】 田口 元久

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社
社内

【氏名】 川喜多 生也

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社
社内

【氏名】 深見 達也

【特許出願人】

【識別番号】 000006013

【氏名又は名称】 三菱電機株式会社

【代理人】

【識別番号】 100057874

【弁理士】

【氏名又は名称】 曾我 道照

【選任した代理人】

【識別番号】 100110423

【弁理士】

【氏名又は名称】 曾我 道治

【選任した代理人】

【識別番号】 100071629

【弁理士】

【氏名又は名称】 池谷 豊

【選任した代理人】

【識別番号】 100084010

【弁理士】

【氏名又は名称】 古川 秀利

【選任した代理人】

【識別番号】 100094695

【弁理士】

【氏名又は名称】 鈴木 憲七

【選任した代理人】

【識別番号】 100111648

【弁理士】

【氏名又は名称】 梶並 順

【選任した代理人】

【識別番号】 100109287

【弁理士】

【氏名又は名称】 白石 泰三

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 000181

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】	図面	1
【物件名】	要約書	1
【プルーフの要否】	要	

【書類名】 明細書

【発明の名称】 車載用磁気抵抗センサ素子

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 Ni、Fe、及びCoを主成分とする磁性層とCuを主成分とする非磁性層とが交互に積層された車載用磁気抵抗センサ素子であって、それぞれの層の原子組成比が、磁性層組成 $\text{Ni}_{(1-x-y)}\text{Fe}_y\text{Co}_x$ (該式において、 $x \geq 0.7$ かつ $y \leq 0.3$ かつ $(1-x-y) \leq 0.15$ を満足する)、および非磁性層組成 $\text{Cu}_z\text{A}_{(1-z)}$ (式中、AはCu以外の添加元素を表し、 $z \geq 0.9$ である)を満足し、それぞれの層の厚さが、磁性層厚 t_m : $10\text{\AA} < t_m < 25\text{\AA}$ 、非磁性層厚 t_n : $18\text{\AA} < t_n < 25\text{\AA}$ を満足し、なおかつ前記磁気抵抗センサ素子の保管保証温度が $T^\circ\text{C}$ である場合、前記磁気抵抗センサ素子が予め $T^\circ\text{C}$ 以上の温度で熱処理されていることを特徴とする車載用磁気抵抗センサ素子。

【請求項 2】 1層の前記磁性層と1層の前記非磁性層との積層構造を1周期構造単位とした場合、前記車載用磁気抵抗センサ素子が、前記周期構造単位 N : $10 \leq N \leq 40$ を満足することを特徴とする請求項 1 記載の車載用磁気抵抗センサ素子。

【請求項 3】 基板と前記磁性層、あるいは前記基板と前記非磁性層との間にバッファ層を設け、その厚さが、バッファ層厚 t_b : $10\text{\AA} < t_b < 80\text{\AA}$ を満足することを特徴とする請求項 1 記載の車載用磁気抵抗センサ素子。

【請求項 4】 前記熱処理温度が、 $(T+50)^\circ\text{C}$ 以上の温度である請求項 1 記載の車載用磁気抵抗センサ素子。

【請求項 5】 前記熱処理温度が、 200°C 以上 300°C 以下の温度である請求項 4 記載の車載用磁気抵抗センサ素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、例えば回転体の回転数や回転角度を検出するセンサ素子に関し、特に磁性層及び非磁性層から成る積層構造を備え、回転体による磁界を検出して電気信号に変換する磁気抵抗センサ素子に関する。更に詳しくは、高温環境下での

保管や動作が要求される車載用磁気抵抗センサ素子に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

磁界を検出して電気信号に変換する、いわゆる磁電変換素子として従来より用いられている素子には例えば、半導体ホール素子や異方性磁気抵抗（AMR）素子がある。また、近年はこれらの素子に比べて高感度な巨大磁気抵抗（GMR）素子が注目されている。

【 0 0 0 3 】

半導体ホール素子は磁電変換特性においてヒステリシスがなくセンサ特性として好ましいが、感度が他のセンサ素子に比べて小さい。また、AMR素子は半導体ホール素子より感度は大きい、電気抵抗変化が得られる磁界範囲（飽和磁界）が小さいため、外乱磁界に弱い。一方、これらの素子は高温環境下での保管及び動作には特別な問題はない。このため、従来より車載用として適用されている。

【 0 0 0 4 】

GMR素子は磁気抵抗変化率がAMR素子に比べて1桁大きい。しかし従来、感度と耐熱性との両立は難しく、主に耐熱性の実現が困難であり、専ら小さいヒステリシスの実現が追求されている。GMR効果の発見以来、早くからハードディスク用の磁気ヘッドとして実用化されたが、車載用センサ素子としての実用化は成されていなかった。

GMR素子の耐熱性については、D.Wangらによる報告（D.Wang, J.Anderson, J.M.Daughton, IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS, VOL.33, NO.5, pp3520-3522, 1997）がある。報告では飽和磁界と高温環境下での動作の関係についての考察がないため、車載用磁気抵抗センサ素子としては不適である。即ち、報告にある膜は飽和磁界が小さく、車載用として動作磁界を十分な大きさに設定すると、高温での特性が示されていないが、高温環境下での十分な感度、即ち十分な出力が得られないと推定される。車載用としては、高温環境下での保管によって特性が劣化しないこと（耐熱性）が必要であると伴に、高温環境下で問題なく動作すること（高温特性）が必須条件である。

【 0 0 0 5 】

【発明が解決しようとする課題】

車載用センサ素子はエンジン制御やトランスミッション制御等に用いられるが、近年の例えば排ガス規制強化などに伴って、高感度化が要求されている。これに対して半導体ホール素子あるいはAMR素子は感度が充分ではなく、より高感度なセンサ素子が望まれる。

GMR素子は高感度が期待できる。しかし、GMR素子は磁性層と非磁性層の積層構造を持ち、これらの層が非常に薄いために高温環境下では界面拡散により特性が変化しやすい。また、高温環境下でも十分な出力を得るためには、比較的大きな飽和磁界を確保しながら、低ヒステリシスを実現する必要がある。このため、高温環境下での高い特性の安定性が必要な車載用センサ素子としては適用が難しいという課題があった。

【0006】

本発明の目的は、高温環境下での保管及び動作において、外乱磁界に強く、かつ高感度なGMR素子の提供にある。更に詳しくは、本発明の目的は、適切な熱処理により、係る特性が高温環境下で優れた長期安定性を示し、車載用センサ素子として適したGMR素子の提供にある。

【0007】

【課題を解決するための手段】

請求項1の発明は、Ni、Fe、及びCoを主成分とする磁性層とCuを主成分とする非磁性層とが交互に積層された車載用磁気抵抗センサ素子であって、それぞれの層の原子組成比が、磁性層組成 $\text{Ni}_{(1-x-y)}\text{Fe}_y\text{Co}_x$ (該式において、 $x \geq 0.7$ かつ $y \leq 0.3$ かつ $(1-x-y) \leq 0.15$ を満足する)、および非磁性層組成 $\text{Cu}_z\text{A}_{(1-z)}$ (式中、AはCu以外の添加元素を表し、 $z \geq 0.9$ である)を満足し、それぞれの層の厚さが、磁性層厚 $t_m: 10\text{\AA} < t_m < 25\text{\AA}$ 、非磁性層厚 $t_n: 18\text{\AA} < t_n < 25\text{\AA}$ を満足し、なおかつ前記磁気抵抗センサ素子の保管保証温度が $T^\circ\text{C}$ である場合、前記磁気抵抗センサ素子が予め $T^\circ\text{C}$ 以上の温度で熱処理されていることを特徴とする車載用磁気抵抗センサ素子である。

請求項2の発明は、1層の前記磁性層と1層の前記非磁性層との積層構造を1周期構造単位とした場合、前記車載用磁気抵抗センサ素子が、前記周期構造単位

N: $10 \leq N \leq 40$ を満足することを特徴とする請求項 1 記載の車載用磁気抵抗センサ素子である。

請求項 3 の発明は、基板と前記磁性層、あるいは前記基板と前記非磁性層との間にバッファ層を設け、その厚さが、バッファ層厚 t_b : $10 \text{ \AA} < t_b < 80 \text{ \AA}$ を満足することを特徴とする請求項 1 記載の車載用磁気抵抗センサ素子である。

請求項 4 の発明は、前記熱処理温度が、 $(T+50)^\circ\text{C}$ 以上の温度である請求項 1 記載の車載用磁気抵抗センサ素子である。

請求項 5 の発明は、前記熱処理温度が、 200°C 以上 300°C 以下の温度である請求項 4 記載の車載用磁気抵抗センサ素子である。

【0008】

【作用】

即ち、本発明に係る車載用センサ素子においては、GMR素子を用い、これを構成する磁性層と非磁性層の組成及び厚さを上述のように設定することにより、外乱磁界以上の磁界にセンサ素子の動作磁界範囲を設定でき、また高感度な特性を得ることができ、更には高温環境下での保管及び動作において特性変化の小さいセンサ素子の実現できる。つまり、CoとCuの組み合わせは耐熱性の高い積層構造を提供し、Coに主にFeやNiを加えることによって動作磁界での感度を高くすることができ、更には各層の厚さ及び周期回数の最適設定により、高温環境下でも特性が劣化しないようにすることが可能である。

【0009】

また、このようなGMR素子は高い温度での熱処理が可能であるので、センサ素子の保管保証温度 $T^\circ\text{C}$ に対して、より高い温度で熱処理を行って特性の初期的な変化を予めさせておき、特性の安定化を図ることができる。

【0010】

【発明の実施の形態】

図 1 は本発明の一実施の形態を示す車載用磁気抵抗センサ素子の断面図である。センサ素子はGMR素子であり、図 1 において例えば、熱酸化膜 SiO_2 付Si基板 1 上に磁性層 2 a と非磁性層 2 b が交互に積層されている。

また、基板 1 と磁性層 2 a との間にはバッファ層 3 が予め形成されている。更

に、基板 1 は熱酸化膜 SiO_2 付Si基板の他、単結晶Si基板、 SiO_2 、PSGのような酸化膜、 SiN_x のような窒化膜、あるいはSi系ポリマーのような有機樹脂膜でもよい。尚、バッファ層 3 は基板 1 の種類によっては形成しなくてもよいが、安定した特性を得るためには形成することが望ましく、磁性層 2 a と同じ材料が好適である。

【 0 0 1 1 】

【実施例】

以下、本発明を実施例により詳細に説明する。

実施例 1 .

本実施例のGMR素子において、図 1 で示した各層を構成する材料及びその原子組成比は、磁性層 2 a が $\text{Fe}_{0.1}\text{Co}_{0.9}$ 、非磁性層 2 b がCu、及びバッファ層 3 が磁性層 2 a と同じ $\text{Fe}_{0.1}\text{Co}_{0.9}$ とする。また、各層の厚さは、磁性層 2 a が15Å、非磁性層 2 b が21Å、及びバッファ層 3 が50Åとする。更に、1 層の磁性層 2 a と1 層の非磁性層 2 b との積層構造を1 周期構造単位とした場合の、前記周期構造単位 N を20とする。尚、これらの層の形成には、蒸着法、分子線エピタキシャル (MBE) 法、あるいはスパッタ法などが用いられるが、特性及び生産性の点からスパッタ法が好ましい。

【 0 0 1 2 】

この膜を、写真製版してドライエッチング等の方法によりパターニングする。パターニングの幅は例えば、 $1\mu\text{m}$ ~ $30\mu\text{m}$ である。その後、 Si_3N_4 膜等の保護膜をスパッタ法、または化学蒸着 (CVD) 法等によりパターン上に形成してこれを保護し、熱処理を行う。熱処理の条件は例えば、 250°C で12時間行う。

【 0 0 1 3 】

図 2 は、実施例 1 のGMR素子の熱処理前及び熱処理後の磁電変換特性 (磁気抵抗曲線) を示す図である。センサは素子の磁気抵抗変化率が大きく、動作磁界範囲でのヒステリシスが小さい程、高い感度を得られる。実施例 1 のGMR素子は熱処理の前後で磁気抵抗曲線の形状が僅かに変化するが、その変化は主に電気抵抗の最小値の減少と、磁気抵抗変化率の向上である。従来のGMR素子に観られる、磁気抵抗率の減少やヒステリシスの増大はない。即ち、高温の熱処理にも耐える

特性を有しており、むしろ感度は熱処理後の方が高くなっている。飽和磁界が450エルステッド程度であり（以下、本明細書にて飽和磁界は、GMR素子の磁気抵抗曲線の形状により、図1中に示すように磁気抵抗変化率の90%を占める点での磁界の大きさとする）、動作磁界としては磁気抵抗曲線の線形性の良い100エルステッド～400エルステッドの範囲が選択可能で、この範囲で良好な出力信号が得られる。

【0014】

実施例2.

本実施例のGMR素子において、図1で示した各層を構成する材料及びその原子組成比は、磁性層2aが $\text{Fe}_{0.2}\text{Co}_{0.8}$ 、非磁性層2bがCu、及びバッファ層3が磁性層2aと同じ $\text{Fe}_{0.2}\text{Co}_{0.8}$ とする。また、各層の厚さは、磁性層2aが15Å、非磁性層2bが21Å、及びバッファ層3が50Åとする。更に、周期構造単位Nは25とする。

【0015】

この膜を、実施例1と同様に、パターニングしてその上に Si_3N_4 膜等の保護膜を形成後、250℃で12時間の熱処理を行う。

【0016】

実施例3.

本実施例のGMR素子において、図1で示した各層を構成する材料及びその原子組成比は、磁性層2aが $\text{Ni}_{0.12}\text{Fe}_{0.08}\text{Co}_{0.80}$ 、非磁性層2bがCu、及びバッファ層3が磁性層2aと同じ $\text{Ni}_{0.12}\text{Fe}_{0.08}\text{Co}_{0.80}$ とする。また、各層の厚さは、磁性層2aが18Å、非磁性層2bが21Å、及びバッファ層3が50Åとする。更に、周期構造単位Nは30とする。

【0017】

この膜を、実施例1と同様に、パターニングしてその上に Si_3N_4 膜等の保護膜を形成後、250℃で12時間の熱処理を行う。

【0018】

実施例4.

本実施例のGMR素子において、図1で示した各層を構成する材料及びその原子

組成比は、磁性層 2 a が $\text{Fe}_{0.1}\text{Co}_{0.9}$ 、非磁性層 2 b が Cu、及びバッファ層 3 が磁性層 2 a と同じ $\text{Fe}_{0.1}\text{Co}_{0.9}$ とする。また、各層の厚さは、磁性層 2 a が 20 Å、非磁性層 2 b が 21 Å、及びバッファ層 3 が 50 Å とする。更に、周期構造単位 N は 20 とする。

【 0 0 1 9 】

この膜を、実施例 1 と同様に、パターニングしてその上に Si_3N_4 膜等の保護膜を形成後、250°C で 12 時間の熱処理を行う。

【 0 0 2 0 】

実施例 5.

本実施例の GMR 素子において、図 1 で示した各層を構成する材料及びその原子組成比は、磁性層 2 a が $\text{Fe}_{0.1}\text{Co}_{0.9}$ 、非磁性層 2 b が Cu、及びバッファ層 3 が磁性層 2 a と同じ $\text{Fe}_{0.1}\text{Co}_{0.9}$ とする。また、各層の厚さは、磁性層 2 a が 15 Å、非磁性層 2 b が 23 Å、及びバッファ層 3 が 50 Å とする。更に、周期構造単位 N は 20 とする。

【 0 0 2 1 】

この膜を、実施例 1 と同様に、パターニングしてその上に Si_3N_4 膜等の保護膜を形成後、250°C で 12 時間の熱処理を行う。

【 0 0 2 2 】

比較例.

上述の実施の各例に対して、比較の例を以下に説明する。

(比較例 1) 本比較例の GMR 素子において、図 1 で示した各層を構成する材料及びその原子組成比は、磁性層 2 a が $\text{Fe}_{0.6}\text{Co}_{0.4}$ 、非磁性層 2 b が Cu、及びバッファ層 3 が磁性層 2 a と同じ $\text{Fe}_{0.6}\text{Co}_{0.4}$ とする。また、各層の厚さは、磁性層 2 a が 15 Å、非磁性層 2 b が 21 Å、及びバッファ層 3 が 50 Å とする。更に、周期構造単位 N は 20 とする。

【 0 0 2 3 】

(比較例 2) 本比較例の GMR 素子において、図 1 で示した各層を構成する材料及びその原子組成比は、磁性層 2 a が $\text{Ni}_{0.15}\text{Fe}_{0.20}\text{Co}_{0.65}$ 、非磁性層 2 b が Cu、及びバッファ層 3 が磁性層 2 a と同じ $\text{Ni}_{0.15}\text{Fe}_{0.20}\text{Co}_{0.65}$ とする。また、各層の

厚さは、磁性層 2 a が 15 Å、非磁性層 2 b が 21 Å、及びバッファ層 3 が 50 Å とする。更に、周期構造単位 N は 30 とする。

【 0 0 2 4 】

(比較例 3) 本比較例の GMR 素子において、図 1 で示した各層を構成する材料及びその原子組成比は、磁性層 2 a が $\text{Fe}_{0.1}\text{Co}_{0.9}$ 、非磁性層 2 b が Cu、及びバッファ層 3 が磁性層 2 a と同じ $\text{Fe}_{0.1}\text{Co}_{0.9}$ とする。また、各層の厚さは、磁性層 2 a が 10 Å、非磁性層 2 b が 21 Å、及びバッファ層 3 が 50 Å とする。更に、周期構造単位 N は 20 とする。

【 0 0 2 5 】

図 3 は、実施例 1、実施例 2 及び実施例 3 と比較例 1、比較例 2 及び比較例 3 の各例の構成をもつ GMR 素子を、車載用磁気抵抗センサ素子の環境温度範囲として想定される 100°C ~ 200°C の各温度で、500 時間保管した場合の磁気抵抗変化率の変化を保管前を基準に示したものである。尚、本測定では、各例の GMR 素子において熱処理していないサンプルを供している。

【 0 0 2 6 】

何れの実施例においてもこの温度範囲の保管では、磁気抵抗変化率は保管前に比較して増加しているが、比較例においては何れも、温度が高くなるに伴って磁気抵抗変化率は減少しており、GMR 素子を構成する磁性層の組成及び厚さによって、耐熱性に顕著な差が観られる。

【 0 0 2 7 】

但し、各実施例は耐熱性は優れているが、磁気抵抗変化率の変化が少なからずあり、特性の安定性という点では好ましくない。図 4 は例えば、車載用磁気抵抗センサ素子の環境温度の上限値として 170°C を設定し、実施例 1 の構成の GMR 素子を、予め環境温度より高い温度である 200°C あるいは 250°C で 12 時間熱処理して、その後 170°C で 500 時間保管した場合の磁気抵抗変化率の変化を示したものである。また、図 5 は図 4 と同じ処理にて、電気抵抗の最小値の変化を示したものである。各図中、熱処理をしていないサンプルとの比較を示しているが、熱処理によって特性の安定化が図られることが明らかである。更には、環境温度 T°C に対して (T+50)°C 以上の温度での熱処理が効果的である。

【 0 0 2 8 】

更に図 6 は、実施例 1、実施例 3、実施例 4 及び実施例 5 と比較例 1、比較例 2 及び比較例 3 の各例の構成をもつ GMR 素子を、200℃～300℃の各温度で 12 時間熱処理した場合の磁気抵抗変化率の変化を熱処理前を基準に示したものである。実施の各例において、熱処理温度が 200℃～250℃の範囲では熱処理前に比較して磁気抵抗変化率は増加しており、即ち 250℃まで問題がなく、車載用センサ素子の環境温度として 100℃～200℃の範囲を想定した場合、実施例の何れにおいても上述の (T+50)℃以上の温度での熱処理が可能である。但し、280℃以上の温度になると、GMR 素子の構成によって適・不適があり、例えば実施例 1、あるいは実施例 3 では問題ないが、実施例 4 及び実施例 5 においては 250℃以下の温度で処理する方が良い。

【 0 0 2 9 】

実施例 6.

本実施例の GMR 素子において、図 1 で示した各層を構成する材料及びその原子組成比は、磁性層 2 a が $\text{Fe}_{0.1}\text{Co}_{0.9}$ 、非磁性層 2 b が Cu、及びバッファ層 3 が磁性層 2 a と同じ $\text{Fe}_{0.1}\text{Co}_{0.9}$ とする。また、各層の厚さは、磁性層 2 a が 12 Å、非磁性層 2 b が 21 Å、及びバッファ層 3 が 50 Å とする。更に、周期構造単位 N は 10 とする。

【 0 0 3 0 】

この膜を、実施例 1 と同様に、パターンニングしてその上に Si_3N_4 膜等の保護膜を形成後、250℃で 12 時間の熱処理を行う。

【 0 0 3 1 】

実施例 7.

本実施例の GMR 素子において、図 1 で示した各層を構成する材料及びその原子組成比は、磁性層 2 a が $\text{Fe}_{0.1}\text{Co}_{0.9}$ 、非磁性層 2 b が Cu、及びバッファ層 3 が磁性層 2 a と同じ $\text{Fe}_{0.1}\text{Co}_{0.9}$ とする。また、各層の厚さは、磁性層 2 a が 20 Å、非磁性層 2 b が 21 Å、及びバッファ層 3 が 50 Å とする。更に、周期構造単位 N は 10 とする。

【 0 0 3 2 】

この膜を、実施例 1 と同様に、パターニングしてその上に Si_3N_4 膜等の保護膜を形成後、250℃で12時間の熱処理を行う。

【 0 0 3 3 】

実施例 6 及び実施例 7 において、各GMR素子の室温での飽和磁界はそれぞれ、500エルステッド及び350エルステッドである。図 7 はこれらの実施例の室温及び高温（150℃）での感度を、動作磁界を例えば100エルステッド～400エルステッドの間とした 1 つの例を示してある。本例のそれぞれの感度について、実施例 6 のGMR素子（飽和磁界500エルステッド）は高温環境下でも室温とほぼ同じであるが、実施例 7 のGMR素子（飽和磁界350エルステッド）では高温環境下は室温より落ちる。但し、本例に示した感度は全て、車載用磁気抵抗センサ素子として十分な値である。

【 0 0 3 4 】

このように高温環境下での動作は飽和磁界の大きさによって異なり、更には磁気抵抗曲線の形状や動作磁界範囲と関係する。車載用磁気抵抗センサ素子としての適用は、耐熱性と伴に高温環境下での動作もまた重要である。

【 0 0 3 5 】

上述の各実施例全てのGMR素子において、室温のみならず高温環境下においても良好な感度が100エルステッド以上の動作磁界で得られる。動作磁界は例えば100エルステッドより小さくてもよいが、車載用としては耐外乱磁界性の確保から大きい方が好ましく、一方センサの小型化の点からは小さい方が好ましい。適用環境を考慮して動作磁界を設定し、高SN比を得ることが重要であるが、本発明のGMR素子は、比較的高い動作磁界を設定しても高SN比が得られ、車載用磁気抵抗センサ素子として好適である。

【 0 0 3 6 】

なお、上述の実施の各例全てのGMR素子は熱処理を 1 2 時間行っているが、熱処理時間はより短くても、より長くてもよい。例えば素子の製造上において都合のよい時間を設定すればよく、数時間～十数時間の熱処理で同様の効果が得られる。

【 0 0 3 7 】

【発明の効果】

請求項 1 の発明は、Ni、Fe、及びCoを主成分とする磁性層とCuを主成分とする非磁性層とが交互に積層された車載用磁気抵抗センサ素子であって、それぞれの層の原子組成比が、磁性層組成 $\text{Ni}_{(1-x-y)}\text{Fe}_y\text{Co}_x$ (該式において、 $x \geq 0.7$ かつ $y \leq 0.3$ かつ $(1-x-y) \leq 0.15$ を満足する)、および非磁性層組成 $\text{Cu}_z\text{A}_{(1-z)}$ (式中、AはCu以外の添加元素を表し、 $z \geq 0.9$ である) を満足し、それぞれの層の厚さが、磁性層厚 $t_m: 10\text{\AA} < t_m < 25\text{\AA}$ 、非磁性層厚 $t_n: 18\text{\AA} < t_n < 25\text{\AA}$ を満足し、なおかつ前記磁気抵抗センサ素子の保管保証温度が $T^\circ\text{C}$ である場合、前記磁気抵抗センサ素子が予め $T^\circ\text{C}$ 以上の温度で熱処理されていることを特徴としているので、外乱磁界耐性が高く高感度な、即ち出力信号のSN比が良く、また耐熱性が高く高温環境下でも高SN比が維持された信頼性の高い車載用磁気抵抗素子が提供される。このため、本発明の素子を用いたセンサは従来実現されなかった精度での検出が可能となる。あるいはセンサの取付け精度の裕度が大きくなるなどの効果がある。

【0038】

請求項 2 の発明は、1層の前記磁性層と1層の前記非磁性層との積層構造を1周期構造単位とした場合、前記車載用磁気抵抗センサ素子が、前記周期構造単位 $N: 10 \leq N \leq 40$ を満足することを特徴とする請求項 1 記載の車載用磁気抵抗センサ素子であるので、高温環境下での信頼性が一層高まる。

【0039】

請求項 3 の発明は、基板と前記磁性層、あるいは前記基板と前記非磁性層との間にバッファ層を設け、その厚さが、バッファ層厚 $t_b: 10\text{\AA} < t_b < 80\text{\AA}$ を満足することを特徴とする請求項 1 記載の車載用磁気抵抗センサ素子であるので、高温環境下での信頼性が一層高まる。

【0040】

請求項 4 の発明は、前記熱処理温度が、 $(T+50)^\circ\text{C}$ 以上の温度である請求項 1 記載の車載用磁気抵抗センサ素子であるので、高温環境下での信頼性が一層高まる。

【0041】

請求項 5 の発明は、前記熱処理温度が、200℃以上300℃以下の温度である請求項 4 記載の車載用磁気抵抗センサ素子であるので、高温環境下での信頼性が一層高まる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の一実施の形態を示す車載用磁気抵抗センサ素子の断面図である。

【図 2】 本発明に係る車載用磁気抵抗センサ素子の実施例 1 の熱処理前及び熱処理後の磁電変換特性（磁気抵抗曲線）を示す図である。

【図 3】 実施例 1、実施例 2 及び実施例 3 と比較例 1、比較例 2 及び比較例 3 の各例の構成をもつ車載用磁気抵抗センサ素子を、車載用磁気抵抗センサ素子の環境温度範囲として想定される100℃～200℃の各温度で、500時間保管した場合の磁気抵抗変化率の変化を保管前を基準に示した図である。

【図 4】 実施例 1 の構成の車載用磁気抵抗センサ素子を、予め環境温度より高い温度である200℃あるいは250℃で12時間熱処理して、その後170℃で500時間保管した場合の磁気抵抗変化率の変化を示した図である。

【図 5】 図 4 と同じ処理にて、実施例 1 の構成の車載用磁気抵抗センサ素子の電気抵抗の最小値の変化を示した図である。

【図 6】 実施例 1、実施例 3、実施例 4 及び実施例 5 と比較例 1、比較例 2 及び比較例 3 の各例の構成をもつ車載用磁気抵抗センサ素子を、200℃～300℃の各温度で12時間熱処理した場合の磁気抵抗変化率の変化を熱処理前を基準に示した図である。

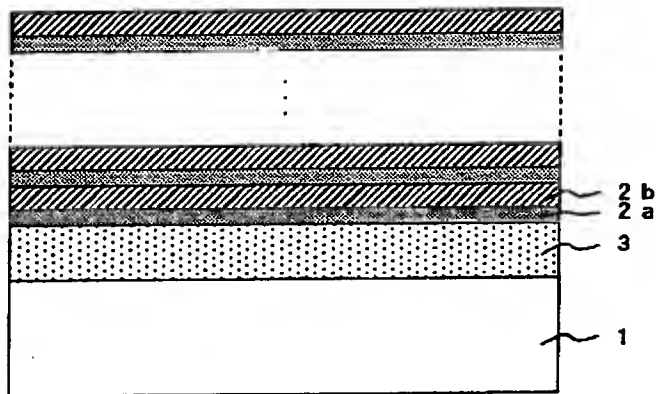
【図 7】 実施例 6 及び実施例 7 の車載用磁気抵抗センサ素子の室温及び高温（150℃）での感度を示す図である。

【符号の説明】

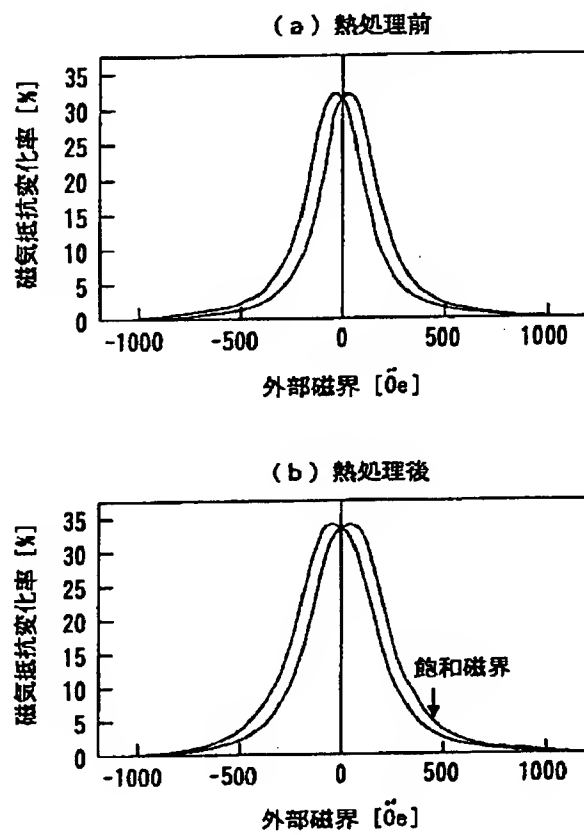
1 基板、2 a 磁性層、2 b 非磁性層、3 バッファ層。

【書類名】 図面

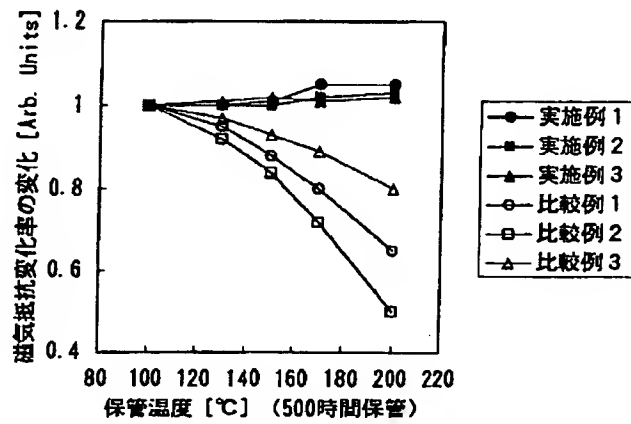
【図 1】



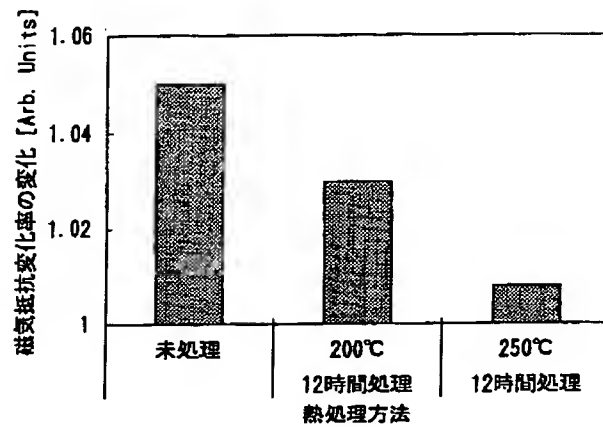
【図 2】



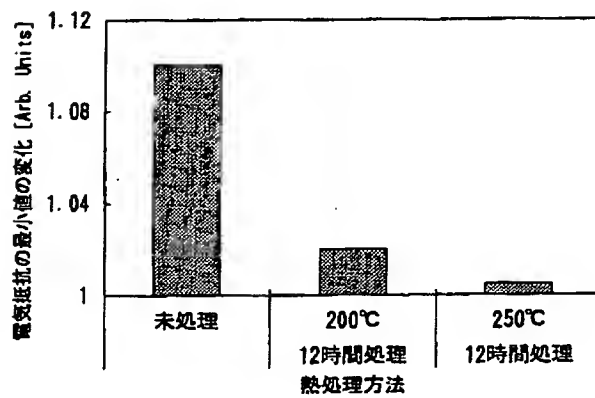
【図 3】



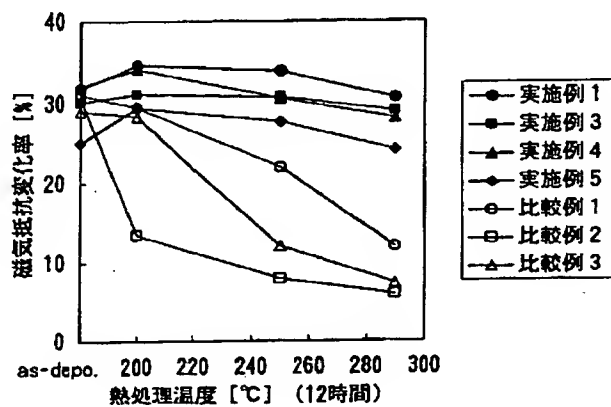
【図 4】



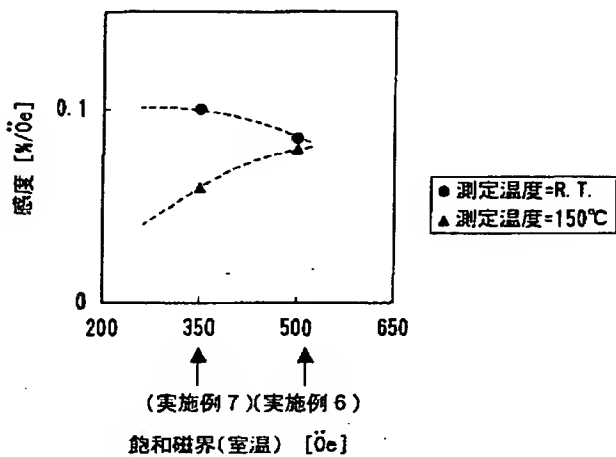
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【発明の名称】

要約書

【要約】

【課題】 外乱磁界耐性が高く高感度な、即ち出力信号のSN比が良く、また耐熱性が高く高温環境下での保管及び動作においても高SN比が維持された信頼性の高い、車載用センサ素子として好適なGMR素子を提供する。

【解決手段】 Ni、Fe、及びCoを主成分とする磁性層2aとCuを主成分とする非磁性層2bとが交互に積層された車載用磁気抵抗センサ素子であって、それぞれの層の原子組成比が、磁性層組成 $\text{Ni}_{(1-x-y)}\text{Fe}_y\text{Co}_x$ ($x \geq 0.7$ かつ $y \leq 0.3$ かつ $(1-x-y) \leq 0.15$)、および非磁性層組成 $\text{Cu}_z\text{A}_{(1-z)}$ (AはCu以外の添加元素を表し、 $z \geq 0.9$ である) を満足し、磁性層厚 $t_m: 10\text{\AA} < t_m < 25\text{\AA}$ 、非磁性層厚 $t_n: 18\text{\AA} < t_n < 25\text{\AA}$ であり、前記磁気抵抗センサ素子の保管保証温度が $T^\circ\text{C}$ である場合、前記磁気抵抗センサ素子が予め $T^\circ\text{C}$ 以上の温度で熱処理されている素子。

【選択図】

図1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000006013]

1. 変更年月日 1990年 8月24日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区丸の内2丁目2番3号

氏 名 三菱電機株式会社